

# GULLIVER



# 3

## QUESTIONS À

— OLIVIER DAUCHOT —  
Directeur de l'UMR Gulliver



### D'où vient le terme Gulliver ?

Le héros de Jonathan Swift illustre bien cette notion d'échelles différentes qu'étudient nos équipes : millimétrique (échelle des ondes gravito-capillaires), moléculaire (mécanismes enzymatiques) et micrométrique (colloïdes, microfluidique).



### Quels sont vos domaines de recherche ?

Les activités du laboratoire se regroupent autour de quelques thématiques centrales, en particulier l'étude de la matière molle aux interfaces, la programmation physico-chimique et la physique statistique hors équilibre. Ensemble, elles couvrent un large champ de recherches à l'interface de la physique, de la chimie et de la biologie.



### Quelle est la philosophie du laboratoire ?

Nos activités de recherche sont principalement de nature fondamentale. Une des particularités du laboratoire est de se composer pour moitié de théoriciens et d'expérimentateurs, qui interagissent quotidiennement sur des thématiques pluridisciplinaires.

Pour autant, les chercheurs du laboratoire sont bien différents de l'image du chercheur enfermé dans sa tour d'ivoire. Ils s'impliquent fortement dans l'enseignement et la formation des élèves ingénieurs. Des projets arts/sciences/vulgarisation sont menés très régulièrement et les échanges internationaux sont nombreux. Enfin, les applications sont plus nombreuses qu'on ne pourrait le croire. Plusieurs chercheurs du laboratoire sont impliqués dans les travaux de start-up et déposent régulièrement des brevets.



**45** chercheurs/doctorants

**6** thématiques  
de recherche

**123** publications  
en 2017-2019

# LES CALCULATEURS MOLÉCULAIRES

## LE LANGAGE DU CALCUL CELLULAIRE



Même les plus banales bactéries calculent l'heure, se repèrent dans l'espace, reconnaissent des motifs, analysent et mémorisent les dangers de leur environnement... Le traitement complexe de l'information a lieu à l'échelle la plus fondamentale du vivant, la cellule, à travers des voies purement moléculaires.

*Le traitement complexe de l'information a lieu à l'échelle la plus fondamentale du vivant, la cellule, à travers des voies purement moléculaires.*

C'est un polymère, l'ADN, qui stocke l'information sous forme d'une séquence de nucléotides, les enzymes la décodent, l'amplifient, la transfèrent et la manipulent. Et des réseaux d'interactions biochimiques canalisent les flux d'information pour faire émerger des fonctions et calculs complexes. Dès lors que l'on maîtrise ces différents éléments, il devient possible de les utiliser artificiellement dans un but informationnel.

Il s'agit donc, désormais, de mettre en place des langages de programmation moléculaire. Par analogie avec le code informatique, ces langages devraient permettre de combiner des modules élémentaires pour réaliser des tâches informationnelles complexes et arbitraires.

L'unité Gulliver a réalisé des prototypes sous forme de mélanges amorphes, mis en place dans quelques microlitres, voire picolitres de solution aqueuse à température constante. Le programme est encodé dans une séquence de brins d'ADN et l'énergie est fournie sous forme de molécules préactivées. On peut ainsi émuler le fonctionnement d'une pendule, le mélange envoyant une pulsation à intervalles réguliers. D'autres fonctionnent comme des GPS moléculaires, capables de se repérer au cœur de gradients chimiques : il est ainsi possible de programmer l'émergence autonome d'une forme.

Sur le plan fondamental, ces approches permettent de mieux comprendre le langage du calcul cellulaire, sa grammaire (les réactions chimiques) et son vocabulaire (les biomolécules, l'ADN...). Mais elles tracent également le chemin vers la fabrication de systèmes chimiques capables de communiquer intelligemment avec leur environnement. Ces calculateurs moléculaires artificiels sont certes lents, et ne remplaceront pas leurs équivalents électroniques dans les domaines où ceux-ci sont employés actuellement... mais dans des domaines comme la biotechnologie, la physique des matériaux, où les signaux d'entrée et de sortie sont eux-mêmes des signaux moléculaires, ils pourraient se révéler d'une grande utilité.

### POUR EN SAVOIR PLUS

*Scaling up molecular pattern recognition with DNA-based winner-take-all neural networks.* K. M. Cherry et L. Qian, *Nature*, 5, 1, 2018.

*Predator-prey molecular ecosystems.* T. Fujii et Y. Rondelez, *Acs Nano*, 7(1), 27-34, 2013.

*Synthesis and materialization of a reaction-diffusion French flag pattern.* A. S. Zadorin et al., *Nature Chemistry*, 9(10), 990-996, 2017.



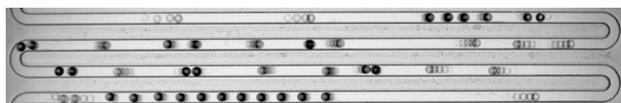
# EN BREF

## Étude des fluides complexes

Les milieux poreux sont truffés d'interfaces rigides ou souples qui confinent les écoulements à une échelle nanométrique. Joshua D. McGraw, recruté au CNRS en janvier 2018, étudie ces écoulements en recourant à des solutions de polymères, servant de modèles de fluides complexes. Il utilise pour ce faire deux techniques optiques de précision, la fluorescence à réflexion interne totale et la microscopie à interférence en réflexion (RICM). En faisant varier la concentration et la longueur des chaînes de polymères, il va ainsi pouvoir étudier le comportement des fluides proches des interfaces.

**À LIRE :** *Adsorption-induced slip inhibition for polymer melts on ideal substrates*, M. Ilton, T. Salez, P. D. Fowler, M. Rivetti, M. Aly, M. Benzaquen, J. D. McGraw, E. Raphaël, K. Dalnoki-Veress et O. Bäümchen, *Nature Communications*, 2018.

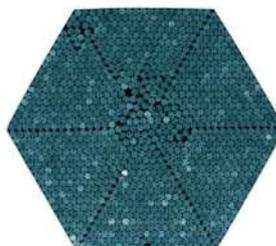
## Physique des écoulements en file



Les canaux ioniques qui assurent la filtration dans les reins ou les nanotubes de carbone pressentis pour désaliniser de l'eau de mer sont tellement étroits que les molécules s'y déplacent "en file", sans pouvoir se doubler. Comment réagissent ces systèmes quand plusieurs molécules sont soumises à des forces extérieures, comme des ions sous un champ

électrique ? Vincent Demery a montré que, soumises à des forces faibles, les particules se déplacent ensemble, alors que des forces plus importantes peuvent "casser" les files et modifier radicalement la dynamique des molécules. Ces résultats peuvent être reliés au comportement de gouttes nageuses en canal microfluidique étudiées par Olivier Dauchot et Mathilde Reyssat.

## Écoulement spontané d'un cristal actif



Une assemblée de particules autopropulsées (telles des bactéries ou des microrobots) constitue ce que l'on appelle un fluide actif. En alignant leurs déplacements, ces particules peuvent donner naissance à des

mouvements collectifs. Par ailleurs, si on augmente fortement la densité d'un système de particules, on s'attend à former une structure cristalline : ainsi dans la photo ci-dessus, on peut observer la formation d'une structure cristalline hexagonale dans un système de disques autopropulsés. Originalité de ce cristal : les particules y alignent leurs déplacements, en conséquence de quoi le cristal s'écoule spontanément ! Pour ce faire, il s'autofracture et s'autorépare périodiquement le long de lignes de rupture définies par la géométrie.



ESPCI  PARIS | PSL 

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE  
INDUSTRIELLES DE LA VILLE DE PARIS

10, rue Vauquelin, 75231 PARIS CEDEX 05  
+ 33 1 40 79 44 00

[espci.psl.eu](http://espci.psl.eu)

